

35.C15719



PATENT APPLICATION

#3

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of:	)	
Tohru DEN	)	Examiner: Unassigned
Application No.: 09/940,575	)	Group Art Unit: 1773
Filed: August 29, 2001	)	
For: MAGNETIC DEVICE	)	December 3, 2001 (Monday)

Commissioner for Patents  
Washington, D.C. 20231

CLAIM TO PRIORITY

Sir:

Applicant hereby claims priority under the International Convention and all rights to which he is entitled under 35 U.S.C. § 119 based upon the following Japanese Priority Application:

JAPAN

2000-263394

August 31, 2000

A certified copy of the priority document is enclosed.



Applicant's undersigned attorney may be reached in our Washington, D.C. office by telephone at (202) 530-1010 All correspondence should continue to be directed to our address given below.

Respectfully submitted,

Michael E. Kondoudis

Attorney for Applicant  
Michael E. Kondoudis  
Registration No. 42,758

FITZPATRICK, CELLA, HARPER & SCINTO  
30 Rockefeller Plaza  
New York, New York 10112-3801  
Facsimile: (212) 218-2200

MEK/dc

DC\_MAIN 79883 v 1

15719 US/na



日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年 8月31日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-263394

出 願 人

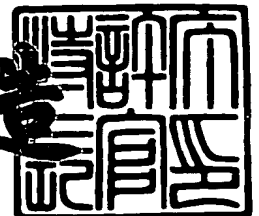
Applicant(s):

キヤノン株式会社

2001年 9月11日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3083536

【書類名】 特許願

【整理番号】 4260062

【提出日】 平成12年 8月31日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G11B 5/62

【発明の名称】 磁気デバイス

【請求項の数】 10

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社  
社内

    【氏名】 田 透

【特許出願人】

    【識別番号】 000001007

    【氏名又は名称】 キヤノン株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100088328

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 金田 暢之

    【電話番号】 03-3585-1882

【選任した代理人】

    【識別番号】 100106297

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 伊藤 克博

【選任した代理人】

    【識別番号】 100106138

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 石橋 政幸

【手数料の表示】

    【予納台帳番号】 089681

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 磁気デバイス

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板上に細孔層があり、且つ該細孔層の上下に配線を有する磁気デバイスにおいて、

該細孔中の一部もしくはすべてに磁性層と非磁性層が積層されており、

且つ該細孔の一部を隣接する細孔中の積層磁性体への書き込み線とすることを特徴とする磁気デバイス。

【請求項 2】 該細孔が陽極酸化アルミナナノホールである請求項 1 に記載の磁気デバイス。

【請求項 3】 該細孔の一部を磁界遮断に用いる請求項 2 に記載の磁気デバイス。

【請求項 4】 該磁性層の主成分が Co であり、該非磁性層の主成分が Cu である請求項 1 または 2 に記載の磁気デバイス。

【請求項 5】 該書きこみ線の主成分が Cu である請求項 1 または 2 に記載の磁気デバイス。

【請求項 6】 該細孔がハニカム配列をしており、且つ該積層構造を有する細孔が該書きこみ線細孔を取り囲んでいる請求項 1 または 2 に記載の磁気デバイス。

【請求項 7】 該細孔がハニカム配列をしており、且つ該書きこみ線細孔が該積層構造を有する細孔を取り囲んでいる請求項 1 または 2 に記載の磁気デバイス。

【請求項 8】 該細孔が長方配列をしており、且つ該積層構造を有する細孔が該書きこみ線細孔を取り囲んでいる請求項 1 または 2 に記載の磁気デバイス。

【請求項 9】 該細孔が長方配列をしており、且つ該書きこみ線細孔が該積層構造を有する細孔を取り囲んでいる請求項 1 または 2 に記載の磁気デバイス。

【請求項 10】 該細孔の 1 つの断面積を  $S(\text{cm}^2)$ 、細孔の長さを  $L(\text{cm})$  としたとき、 $10^5 < L/S < 10^8$  である請求項 1 ～ 8 のいずれかに記載の磁気デバイス。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

本発明の磁気デバイスは、磁気メモリーや磁気センサー、スピン演算デバイスなど広い範囲で利用可能である。特に本発明は、固体磁気メモリデバイスの一部として有効である。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

従来固体メモリーデバイスとしては、DRAM、SRAM、フラッシュメモリ、EEPROM、FeRAM（もしくはFRAM）が用いられてきた。しかし、近年不揮発性、高速性、高密度化の観点から磁気固体メモリ、特にTMRやGMR効果を用いたメモリに興味を持たれ、研究が進んでいる。ここでは、本発明に関連深い、固体磁気メモリについて説明する。

【 0 0 0 3 】

[巨大磁気抵抗(GMR)]

まず、本発明に関わる巨大磁気抵抗について簡単に説明する。1986～1988年にFertらとGrunbergらは、強磁性(Fe)/非磁性(Cr)人工格子において、従来知られていたAMRよりさらに巨大な磁気抵抗を発見し、これを巨大磁気抵抗(Giant Magneto-Resistance, GMR)と呼んだ。GMRは印加磁場に対して負の抵抗変化率を有し、抵抗率の変化が大きい(数十%)特徴を有する。

【 0 0 0 4 】

GMRの発生機構としては定性的に以下の様に説明されている。まず磁場が無い場合には人工格子の磁性層が反強磁性的に配列している(層間反強磁性)。ここに磁場を印加すると各層の磁化が平行になっていく。この際伝導電子が磁化反平行状態で強く散乱され、磁化平行状態で弱く散乱される様なスピンの依存した機構を受けて電気抵抗が磁場により減少する。

【 0 0 0 5 】

理論的には、RKKY型の長距離性交換相互作用や量子井戸モデルにより層間磁化の反平行性について研究されており、伝導電子の2流体モデルに基づいた理

論により層間のスピン依存散乱が議論されている。

【 0 0 0 6 】

このGMR効果をメモリ等のデバイスとして利用するには、一部の磁性層の磁化の向きを固定化し、その他の磁性層の磁化の向きを変化させてメモリとしている。このような構成のデバイスをスピバルブ型と呼んでいる。また、磁化の向きが変わらない層(高い保持力を有する層)をハード層、磁化の向きを変える層(低い保持力を有する層)をフリー層と呼んでいる。これとは逆にハード層に記録し、フリー層を反転させてその抵抗変化から磁化状態(メモリー状態)を読み取る方法も採用されている。

【 0 0 0 7 】

上記GMRにはCIP型、CPP型、その混合の型であるCAP型、及びグラニュー合金型などが知られている。一般的にはその作製容易性からCIP構造が最も研究されている。しかし電流が積層面に平行に流れるCIP型は界面スピン散乱をしない伝導電子の寄与などにより、抵抗率変化は40～50%程度である。これと比較し電流が積層面に垂直に流れるCPP型は、積層界面ですべての電子がそのスピン状態に依存したスピン散乱を受けること、及び積層構造に由来するエネルギーギャップによるフェルミ速度増大の効果などにより抵抗率変化は100%を超える場合もあり、CPP型の方が基本的な特性は良い。

【 0 0 0 8 】

しかしながら、CPP型は膜面に垂直に電気を流すので、その抵抗自体は非常に小さな値になりがちである。そのため、非常に断面積の小さな形状にする必要がある。

【 0 0 0 9 】

また、後述するTMRのようにセル自身が薄い場合には有効に2本の上下配線で書き込みが可能であるが、CPP型GMRセル、特に積層方向を基板に垂直方向に配置したセルを用いる場合には、上下配線による磁界発生方法では積層両端近傍と積層中央近傍での磁界が異なり、有効に書き込みが出来なくなる場合がある。すなわち、積層セル中央付近での磁界が弱くなり、中央部分の磁性層で書き込みが行われなかったり、中央付近に書き込む用に書き込み電流を大きくすると



、選択されていないセルへの書き込みが発生したりする場合があるなどの問題点がある。

#### 【 0 0 1 0 】

この解決方法としてC P Pセル自身に電流を流し、その電流が発生する自己磁界により回転磁化をセル内部に形成させる方法が提案されている。しかしこの方法では、ある程度大きなセルが必要であるほか、読み取り電流での磁化の乱れなどの問題点が発生する場合がある。

#### 【 0 0 1 1 】

##### <トンネル型磁気メモリー(TMR)>

トンネル接合を用いたメモリーセルとしては特開平 1 0 - 1 9 0 0 9 0 号公報に開示されている様なスピンバルブ型が一般的である。この様なセルを用いたメモリーデバイスについて図 6 を用いて説明する。

#### 【 0 0 1 2 】

図中 6 1 はメモリーセルであり、ピン層、絶縁層、メモリ層などの積層構造からなっている。6 2 はB線、6 3 はG線、6 4 はW線である。磁性層における磁化の向きは普通セルの長軸方向の何れかの方向を向いている。

#### 【 0 0 1 3 】

特に絶縁層を挟んだ2枚の磁性層の向きが等しいときトンネル電流が大きくなり、セルの抵抗値は小さくなる。逆に絶縁層を挟んだ2枚の磁性層の向きが逆向きの場合トンネル電流は小さくなり、セルの抵抗値は大きくなる。

#### 【 0 0 1 4 】

この磁性体層の向きは、普通2枚の磁性体層の内の1つの磁性体層では固定しておき(ハード層)、もう一方の磁性体層の磁化の向きを変えて(フリー層)いる。このフリー層の磁化の向きは、B線やW線に流す電流により発生された磁界により制御され、保持される。すなわち、B線から発生される磁界とW線から発生される磁界のベクトル和により、選択されたセル部分にのみ書き込みが行われる。

#### 【 0 0 1 5 】

読み出しはB線とG線によって行う。セルの選択はG線に接続されているM O S F E Tで行われる。

## 【0016】

TMR型の抵抗変化率は計算上いくらでも大きくできるが、実際に作製できる値としては40～60%程度である。また、作製上および特性上もっとも問題となっているのは絶縁層の作製方法と抵抗変化率のバイアス依存性である。すなわち、1nm程度の絶縁層を均一に作製する必要があるが、これは作製上困難を伴う。また、電圧を大きくすると抵抗変化率が大きく低下していくバイアス依存性問題が発生する場合がある。これらの問題点は前記GMRデバイスには存在しなかったものである。

## 【0017】

次に、本発明はCPP型のGMR構造を用いるので、アスペクト比の大きな細孔が必要となる。この構造を得る方法として、トラックエッチによるメンブレンフィルターや陽極酸化アルミナが知られている。以下、最も好ましい陽極酸化皮膜について詳しく説明する。

## 【0018】

## ＜陽極酸化アルミナについて＞

Al板を硫酸、シュウ酸、りん酸などの酸性電解液中で陽極酸化すると、ポーラス型陽極酸化皮膜である陽極酸化アルミナ層が形成される(たとえばR.C.Furneaux, W.R.Rigby & A.P.Davidson NATURE Vol.337 P147(1989)等参照)。このポーラス皮膜の特徴は、直径が数nm～数百nmの極めて微細な円柱状細孔(ナノホール)11が、数十nm～数百nmの間隔で平行に配列するという特異的な幾何学的構造を有することにある。この円柱状の細孔は、高いアスペクト比を有し、断面の径の一様性にも優れている。

## 【0019】

また、ポーラス皮膜の構造は、陽極酸化の条件を変えることにより、ある程度制御することが可能である。たとえば、陽極酸化電圧で細孔間隔を、陽極酸化時間で細孔の深さを、ポアワイド処理により細孔径をある程度制御可能であることが知られている。ここでポアワイド処理とはアルミナのエッチング処理であり、普通りん酸でのウェットエッチング処理を用いる。

## 【0020】

またポーラス皮膜の細孔の垂直性、直線性及び独立性を改善するために、2段階の陽極酸化を行なう方法、すなわち、陽極酸化を行って形成したポーラス皮膜を一旦除去した後に再び陽極酸化を行なって、より良い垂直性、直線性、独立性を示す細孔を有するポーラス皮膜を作製する方法が提案されている (Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 35, Part 2, No. 1 B, pp. L126-L129, 15 January 1996)。ここで、この方法は最初の陽極酸化により形成した陽極酸化皮膜を除去するときに見える Al 板の表面の窪みが、2度目の陽極酸化の細孔の形成開始点となることを用いている。

#### 【 0 0 2 1 】

さらにポーラス皮膜の細孔の形状、間隔及びパターンの制御性を改善するために、スタンパーを用いて細孔の形成開始点を形成する方法、すなわち、複数の突起を表面に備えた基板を Al 板の表面に押しつけてできる窪みを細孔の形成開始点として形成した後に陽極酸化を行なって、より良い形状、間隔及びパターンの制御性を示す細孔を有するポーラス皮膜を作製する方法も提案されている (中尾, 特開平 10-121292 号公報; もしくは 益田, 固体物理 31, 493 (1996))。また、ハニカムではなく同心円状に細孔を形成する技術が大久保らにより特開平 11-224422 号公報で報告されている。また、スタンプ法以外にも FIB 法 (Focused Ion Beam 法) やフォトリソグラフィ法でも開始点の作製が可能である。

#### 【 0 0 2 2 】

また、特開平 10-283618 号公報には上記陽極酸化アルミナナノホール中に GMR 特性を有する積層磁性膜を埋め込む技術が開示されている。この積層磁性体への磁化書き込みに関しては細孔表面に書き込み配線することは開示されているが、アスペクト比の高い細孔への書き込みに関しては未解決のままである。

#### 【 0 0 2 3 】

##### 【発明が解決しようとする課題】

先に述べた一般的な TMR 型メモリ素子は、書きこみに多くの電流量が必要であり、その為デバイスの消費電力も大きいものであった。また、メモリセルの作

製不均一や書きこみ配線の不均一性に起因する書きこみ部分以外のセルへの書きこみの発生や、選択されたセルへの書き込み不良などの問題が生じる場合があった。

【 0 0 2 4 】

また、膜厚方向にアスペクト比の大きいセル構造においては、上下の交差する配線からでは書きこみが十分有効にできない場合があった。

【 0 0 2 5 】

よって本発明の目的はこれらの問題点を鑑み、アスペクト比が大きなセルへの有効な書きこみ手段を有する磁気デバイスを提供することである。

【 0 0 2 6 】

また、本発明の目的はより均一で、少ない電流で効果的な書きこみが出来る磁気デバイスを提供することである。

【 0 0 2 7 】

また、本発明の目的はより高密度で、作製が容易な磁気デバイスを提供することである。

【 0 0 2 8 】

【課題を解決するための手段】

上記の課題は、本発明の以下の構成および製法により解決できる。

【 0 0 2 9 】

すなわち、基板上に細孔層があり、且つ該細孔層の上下に配線を有する磁気デバイスにおいて、該細孔中の一部もしくはすべてに磁性層と非磁性層が積層されており、且つ該細孔の一部を隣接する細孔中の積層磁性体への書き込み線とすることを特徴とする磁気デバイスである。ここで、細孔層が陽極酸化アルミナ層であることが有効である。この場合、該細孔の一部を磁界遮断に用いることが好ましい。

【 0 0 3 0 】

また、該磁性層の主成分がCoであり、該非磁性層の主成分がCuであること、該書きこみ線の主成分がCuであることが特性上、及びデバイス作製上好ましい。

## 【 0 0 3 1 】

また、該細孔がハニカム配列をしており、且つ該積層構造を有する細孔が該書きこみ配線細孔を取り囲んでいる磁気デバイス、もしくは逆に該書きこみ配線細孔が積層構造を有する細孔を取り囲んでいる磁気デバイスが好ましい。同様に該細孔が長方配列をしており、且つ該積層構造を有する細孔が該書きこみ線細孔を取り囲んでいる磁気デバイス、もしくは該細孔が長方配列をしており、且つ該書きこみ線細孔が該積層構造を有する細孔を取り囲んでいる磁気デバイスが好ましい。

## 【 0 0 3 2 】

上記磁気デバイスにおいて、メモリなどの不揮発性のスイッチング機能を有効に発揮させるためには、該細孔の1つの断面積を  $S \text{ (cm}^2\text{)}$ 、細孔の長さを  $L \text{ (cm)}$  としたとき、 $10^5 < L/S < 10^8$  が成り立つことが好ましい。

## 【 0 0 3 3 】

## 【発明の実施の形態】

## &lt;作用&gt;

本発明の作用を図1、2を用いて説明する。ここで図1はハニカム細孔を用いた場合のデバイス構成の簡略図であり、図2はこの構成における磁界発生、及び磁化の様子を示す簡略図である。

## 【 0 0 3 4 】

図中11は書き込み細孔、12は積層磁性体細孔、13は遮断細孔、14はユニットセル、15は細孔層、16は読み取り下配線、17は書き込み下配線、18は基板、111は書き込み上配線、112は読み取り上配線、113は絶縁層、21は発生磁界、22は書き込み電流、23は非磁性層、24はフリー磁性層、25はハード磁性層である。

## 【 0 0 3 5 】

図1中、デバイスとしての1セルは図中点線で囲ったユニットセル14であり、書き込み細孔11、積層磁性体細孔12、遮断細孔13からなっている。ここで書き込みセル周囲には6個の積層磁性体セルが存在するが、必ずしも6個である必要性は無い。また、遮断細孔13は必ずしも必要ではないが、書き込み電流

が隣接するメモリーセルの積層磁性体細孔に影響を与えてしまう場合には必要である。特に効率的に遮断するには、遮断細孔に透磁率の高い軟磁性体を埋め込むことが好ましい。

## 【 0 0 3 6 】

書き込みセルに電流を印加すると、図 2 に示した様に書き込みセル周囲には回転する磁界が発生する。この磁界がある一定以上になると積層磁性体セル中の磁性層の一部の磁化が、この磁界方向に回転する。この変化は積層磁性体の設計しただけで不揮発にすることが可能でありメモリー作用がある。すなわち、十分に大きな磁界を発生させると、図 2 c の右図に示す様にフリー磁性層、ハード磁性層ともに同方向の磁化に着磁されるが、この状態から逆方向に磁界を印加していくと図 2 c の左図のようにフリー層のみが反転していく。

## 【 0 0 3 7 】

この磁化の変化は GMR、もしくはスピバルブ作用により積層磁性体セルの抵抗変化を引き起こすので、セルの抵抗を読み取ればメモリー状態を知ることができる。この読み取りには積層磁性体セルに電流を印加することになるが、書き込み電流より十分低い電流値で行えば、メモリー状態を破壊しないで読み取ることが可能である。

## 【 0 0 3 8 】

ここで、書き込みセルは導電性があれば良く、当然積層磁性体を用いても構わない。ただし、発熱やエレクトロマイグレーションなどの問題を考慮すると、銅などの低抵抗金属であることが好ましい。また、積層磁性体としては、GMR もしくはスピバルブ特性を有するものであれば何でも構わないが、アスペクト比の高いセル中に積層磁性体を作製するには電着法が適しており、電着法に有利な材料としては銅とコバルトの積層膜が好ましい。

## 【 0 0 3 9 】

磁気メモリーや磁気センサーとして利用するには、この磁性体層に大小 2 種類の保磁力を有する層構成とすることが好ましい。何故なら、高い保磁力の磁性層をハード層としてその磁化を固定し、低い保持力の層をフリー層として、その磁化を書き込み電流で制御することによりメモリーやセンサーとしての効果が生ま

れる。

【 0 0 4 0 】

次に細孔配列について説明する。細孔配列としては図 1 で示したハニカム配列以外にも各種のものが利用可能である。例えば、図 3 a に示したランダム配列でも、数個の細孔で書き込み線とし、それに隣接した複数の細孔を積層磁性体細孔とすることが可能である。また、図 3 b には長方配列の特別な場合である正方配列、図 3 c には長方配列を示す。

【 0 0 4 1 】

また、書き込み配線セルと積層磁性体セルの配列は図 1 や図 3 に示した様な書き込み細孔の周囲に積層磁性体細孔を配置した形態以外にも、図 4 a, b に示したような 2 つ以上の書き込み細孔の間に積層磁性体細孔を配置することも可能である。但し、この場合には積層磁性体細孔左右の書き込み線には逆向きの電流を流すことが必要である。

【 0 0 4 2 】

また、図 4 b では各書き込み線は 1 つのユニットセル 1 4 中の積層磁性体細孔への書き込み専用であるが、図 4 a の様に、各書き込み線が複数のユニットセル中の積層磁性体細孔への書き込みを共有していても構わない。ハニカム細孔で中心に積層磁性体細孔を、その周囲に書き込み細孔を配置し、書き込み細孔に同方向の電流を印加すると積層磁性体には回転磁化を発生させることが出来る。この回転磁化も反磁界を減少させる上で有利になる場合もある。

【 0 0 4 3 】

次に細孔であるが、これは直径が数 1 0 ～数 1 0 0 nm であり、アスペクト比が 5 以上、望むべくは 5 0 以上が好ましい。この細孔を作製するには半導体プロセスを用いることも可能であるが、アスペクト比が大きく直径の厚み方向の変化が少ない細孔を作製するにはアルミの陽極酸化ポーラス皮膜(陽極酸化アルミナナノホール)を用いることが好ましい。

【 0 0 4 4 】

上記被陽極酸化層としては Al が一般的に用いられるが、Al を主成分とする膜で陽極酸化できるものならば、他の元素が含まれていてもかまわない。この Al

の成膜には抵抗加熱による真空蒸着法、スパッタリング法、CVD法などが利用できる。但し、ある程度平坦な表面を有する膜を形成できる方法でなければ好ましくない。

#### 【0045】

##### ・ 応用について

この磁気デバイスはメモリーセルを始め磁気スイッチングデバイス、磁気演算デバイスのシグナル検出部などに利用可能である。本発明を特に磁気メモリーなどのスイッチングデバイスとして利用する場合には、該細孔の1つの断面積を $S$  ( $\text{cm}^2$ )、細孔の長さを $L$  ( $\text{cm}$ )としたとき、 $10^5 < L/S < 10^8$ であることが好ましい。これは各積層磁性体細孔中の磁性体の抵抗率が数～数 $10 \mu\Omega/\text{cm}$ であることから、上記の条件のもとで各セルの抵抗が数～数 $\text{K}\Omega$ となり、読み出しに都合が良くなるからである。

#### 【0046】

##### 【実施例】

以下に実施例をあげて、本発明を説明する。

#### 【0047】

##### 【実施例1】

本実施例ではハニカム細孔層をメモリーセル及び書きこみ配線とした例を図を用いて説明する。図5は細孔配列を作製する場合のプロセスを表わす断面図である。

#### 【0048】

まず、基板51上に下配線52である銅を成膜した後パターニングし、その上にアルミ膜53を約 $1 \mu\text{m}$ 成膜した。そして、アルミ膜上部の細孔形成位置に陽極酸化の開始点54となるくぼみをFIB法により作製した。このとき開始点54はハニカム配列であり、各開始点の間隔は約 $250 \text{nm}$ とした。その後リン酸 $0.3 \text{mol/L}$ 中で $100 \text{V}$ で陽極酸化したところ、図5cに示す様な陽極酸化アルミナナノホール55の層が下配線52上に形成された。

#### 【0049】

細孔断面積は  $10000 \sim 30000 \text{nm}^2$  ( $S = 10000 \sim 30000 \times 10^{-14} \text{cm}^2$ )、



細孔の長さは  $800 \sim 1200 \text{ nm}$  ( $L = 800 \sim 1200 \times 10^{-7} \text{ cm}$ )、  
 $L/S = 0.027 \sim 0.12 \times 10^7$  であった。

## 【 0 0 5 0 】

次にこの試料を、硫酸コバルト 0.5M、硫酸銅 0.001M からなる電解質中で、白金の対向電極と共に浸して Ag-AgCl 参照電極のもと  $-0.56 \text{ V}$ 、 $-1.2 \text{ V}$ 、 $-0.56 \text{ V}$ 、 $-1.2 \text{ V}$ 、の電圧を 30 秒、0.15 秒、30 秒、0.25 秒印加した。この電着を積層磁性体が細孔上部まで到達するまで繰り返して Co, Cu の積層膜を成長させ、図 5 d に示す積層磁性体 5 6 を作製した。ここで  $-0.56 \text{ V}$  の電圧印加時は貴なイオンである Cu のみ電着され、 $-1.2 \text{ V}$  印加時には濃度の濃い Co が主に電着され、結果として積層膜となった。また積層磁性体は下配線層が存在する部分にのみ形成され、下配線層が無い部分には何も電着されずに残った。この細孔は遮断細孔として利用される。

## 【 0 0 5 1 】

そして中心の積層磁性体以外の積層磁性体上に上部読み取り配線 5 7 を作製し、絶縁膜 5 9 を挟んで最上部に書き込み配線 5 8 を作製した。

## 【 0 0 5 2 】

そして、まず本実施例の下配線と上部読み取り配線間の抵抗を磁場中で測定したところ、負の磁気抵抗を示した。これは充填された積層膜が GMR 効果を示したためと考えられる。そして本発明のメモリー効果を調べるため、まず、 $50 \text{ mA}$  の電流を書き込み配線に印加して初期状態とし、逆向きの電流を徐々に増加させながら印加して下地電極と上部読み取り配線間の抵抗を測定したところ、書き込み電流  $-20 \text{ mA}$  にて抵抗が増大することが確認された。そして、書き込み電流を遮断しても、抵抗は大きいまま保存された。これは膜厚の厚い Co 磁性層がハード層、膜厚の薄い Co 層がフリー層として機能していると考えられる。

## 【 0 0 5 3 】

また比較のため書き込み細孔ではなく上部と下部の配線により書き込める素子を作製して同様な測定をしたところ、書き込み電流が約  $-30 \text{ mA}$  から抵抗が増大し、増大量は本発明の半分程度であった。これは比較例においては積層磁性体細孔中のフリー磁性層の反転やハード磁性層の磁化の向きが不均一である為と考え

られる。

【 0 0 5 4 】

すなわち本構成により、書き込みが行われ、且つメモリー状態として機能していることがわかった。さらに、本発明の構成により、GMR特性が良く、少ない電流量で書き込みできることがわかった。

【 0 0 5 5 】

[実施例 2]

本実施例では書き込み配線として各種金属を用いた例について説明する。デバイスは実施例 1 と同様に作製した。但し、下配線として図 1 に示した様子に書き込み用下配線と読み取り用下配線を各々分離した状態で作製した。こうすることでアルミナナノホール中の書き込みセルと積層磁性体セルに別の材料を埋め込むことが可能である。

【 0 0 5 6 】

すなわち、積層磁性体セルには実施例 1 と同様な Co/Cu の積層磁性体を電着し、書き込みセルには Co、Cu、Ni を電着した。そして上部配線を作製した後、書き込み評価を行ったところ、書き込みされる電流値を各々 -20mA で変化はなかったが、そのとき消費される電力は Cu が Co、Ni と比較して 3 分の 1 以下であった。これは Cu の抵抗が低い効果であると考えられる。

【 0 0 5 7 】

よって、本実施例から書き込み細孔中には Cu 配線が適していることがわかる。

【 0 0 5 8 】

[実施例 3]

本実施例では正方、及び長方セルを用いた例について説明する。デバイスは実施例 1 と同様に作製した。但し FIB 法による開始点はハニカムではなく、正方配列、及び長方配列させた。正方配列では開始点間隔は 100nm であり、長方配列では短い間隔が 80nm、長い間隔が 120nm とした。また陽極酸化は酢酸 0.3 モル/L の溶液中で 40V で行った。

【 0 0 5 9 】

そしてりん酸 5 wt.% 中で 30 分ポアワイド処理を行ったところ、正方配列では角が少し丸いほぼ正方形の細孔が得られ、長方配列でも角が少し丸いほぼ長方形の細孔が得られた。

正方配列では、

細孔断面積は  $2000 \sim 5000 \text{ nm}^2$  ( $S = 2000 \sim 5000 \times 10^{-14} \text{ cm}^2$ )、

細孔の長さは  $800 \sim 1200 \text{ nm}$  ( $L = 800 \sim 1200 \times 10^{-7} \text{ cm}$ )、

$L/S = 0.16 \sim 0.6 \times 10^7$  であった。

【0060】

また、長方配列では、

細孔断面積は  $2000 \sim 5000 \text{ nm}^2$  ( $S = 2000 \sim 5000 \times 10^{-14} \text{ cm}^2$ )、

細孔の長さは  $800 \sim 1200 \text{ nm}$  ( $L = 800 \sim 1200 \times 10^{-7} \text{ cm}$ )、

$L/S = 0.16 \sim 0.6 \times 10^7$  であった。

【0061】

そして実施例 1 と同様に Co/Cu の積層磁性体を細孔中に電着して上部配線を作製して評価を行った。正方配列では書き込み電流は約 20 mA であり、長方配列では約 15 mA であった。

【0062】

なお、実施例 1 と実施例 3 とを比較すると、初期状態と書き込み状態での抵抗率の変化では実施例 3 の正方/長方配列の方が実施例 1 のハニカム配列と比較して 10～20% 程度大きいという点で優れており、他方、各セル間のバラツキの点では実施例 1 のハニカム配列の方が実施例 3 の正方/長方配列より少ないという点で優れていた。

【0063】

[実施例 4]

本実施例では書き込みセルが積層磁性体セルを挟んだ構成、すなわち図 4a の構成の長方配列のデバイスを作製した。デバイスは実施例 3 と同様に作製した。書き込みは下地配線をアースに落とし、積層磁性体セル左側の書き込み配線を正に、右側書き込み配線を負に印加して左右逆方向の電流を流した。その結果書き

込みは 8 m A の低電流で行われた。また隣接するセルの書き込みを行っても抵抗変化などの影響はなかった。

【 0 0 6 4 】

よって、書き込み線細孔により積層磁性体細孔を挟むことにより、少ない電流値で書き込みできることがわかる。

【 0 0 6 5 】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明により以下のような効果が期待される。

- 1) 本発明により、少ない電流で磁気デバイスの積層磁性体への書き込みが可能となり、引いては素子の省電力化、微細配線化が可能となる。
- 2) セルへの書きこみ選択性や均一性が向上され、素子の動作が安定化され、特性も向上される。
- 3) アスペクト比の高いセル、特に陽極酸化アルミナ細孔中への GMR 型スイッチングセルへの効果的な書き込みが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明のハニカム配列を有する磁気デバイスの簡略図である。

【図 2】

本発明の書き込み配線の作用を示す簡略図である。

【図 3】

本発明のランダム配列、正方配列、長方配列の磁気デバイス概念図である。

【図 4】

本発明の長方配列における書き込み配線図である。

【図 5】

本発明の磁気デバイスの作製工程図である。

【図 6】

従来型 TMR メモリーデバイスの概念図である。

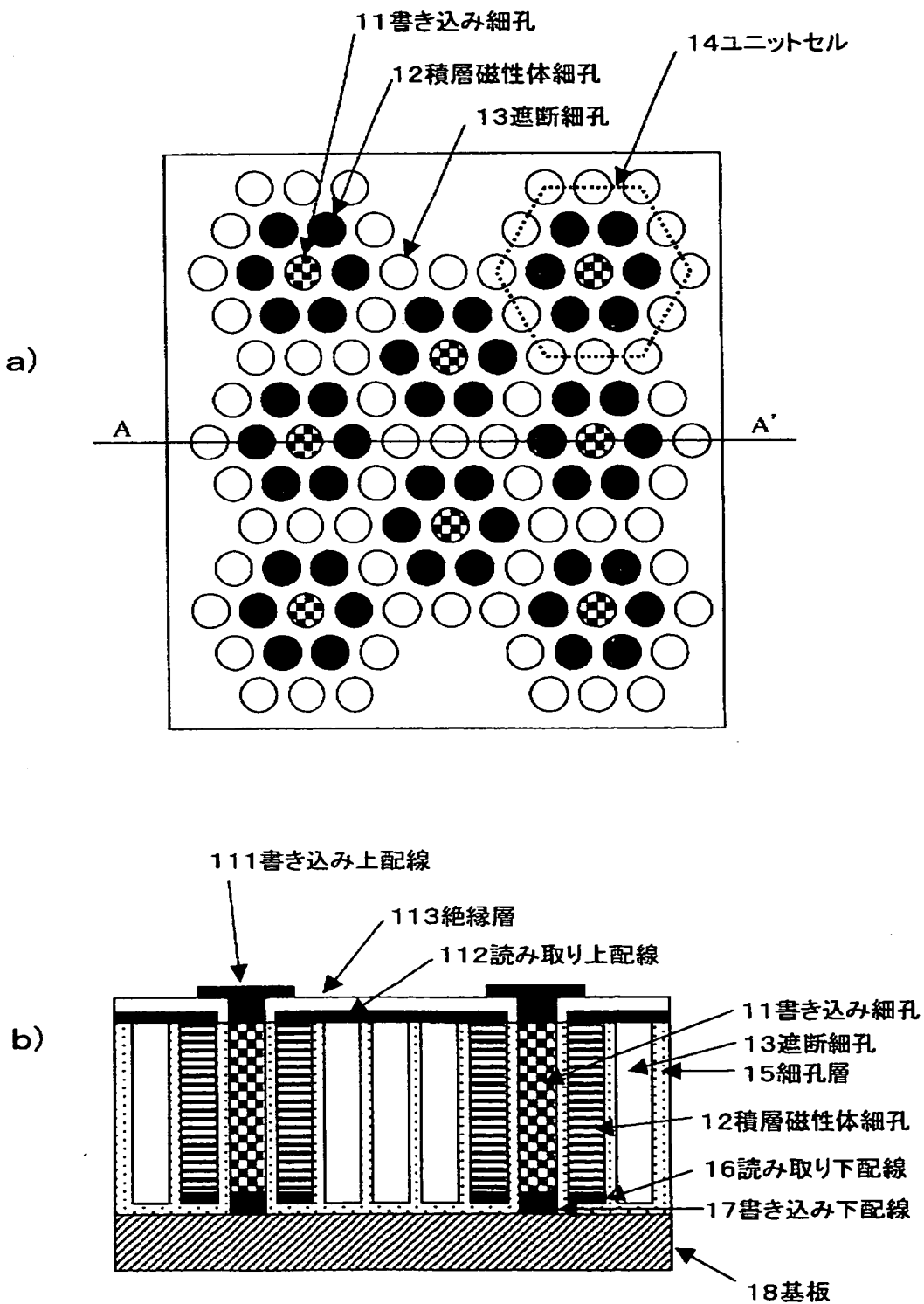
【符号の説明】

1 1      書き込み細孔

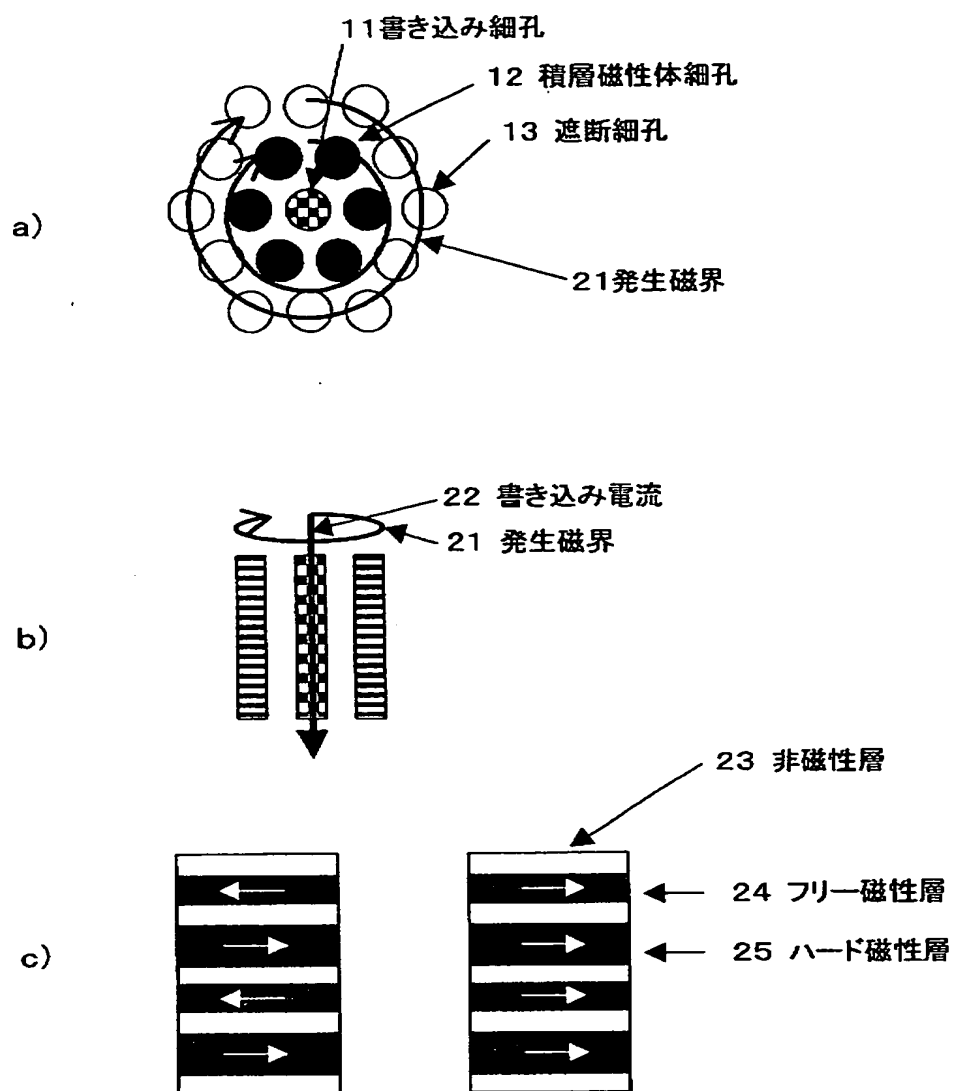
- 1 2 積層磁性体細孔
- 1 3 遮断細孔
- 1 4 ユニットセル
- 1 5 細孔層
- 1 6 読み取り下配線
- 1 7 書き込み下配線
- 1 8 基板
- 1 1 1 書き込み上配線
- 1 1 2 読み取り上配線
- 1 1 3 絶縁層
- 2 1 発生磁界
- 2 2 書き込み電流
- 2 3 非磁性層
- 2 4 フリー磁性層
- 2 5 ハード磁性層
- 5 1 基板
- 5 2 下配線
- 5 3 アルミ膜
- 5 4 開始点
- 5 5 アルミナナノホール
- 5 6 積層磁性体
- 5 7 上部読み取り配線
- 5 8 上部書き込み配線
- 5 9 絶縁膜
- 6 1 メモリーセル
- 6 2 B線
- 6 3 G線 6 4 W線
- 6 5 MOSFET
- 6 6 パストランジスタ

【書類名】 図面

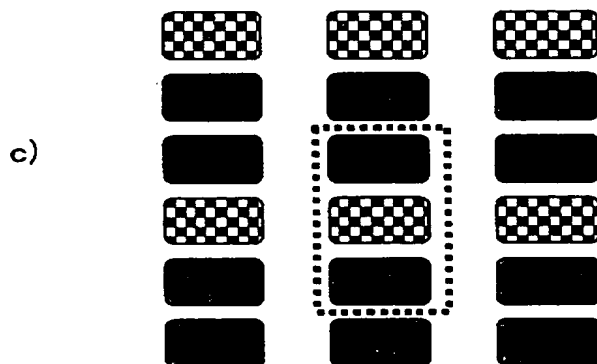
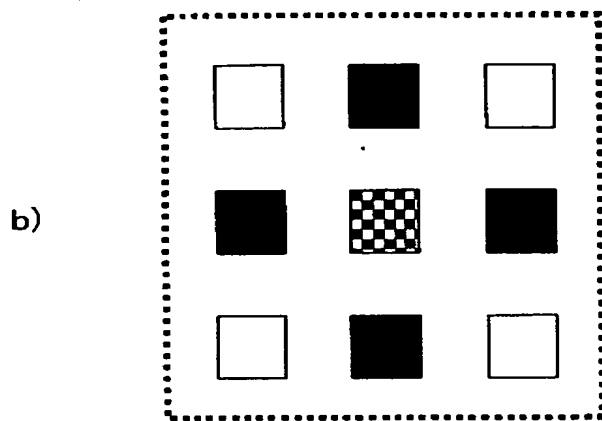
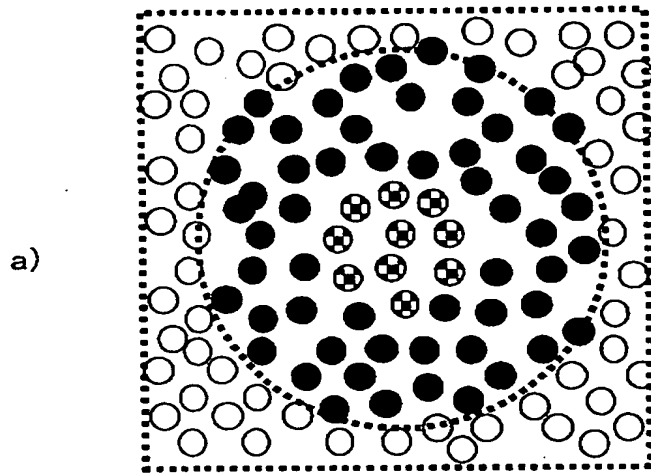
【図 1】



【図 2】

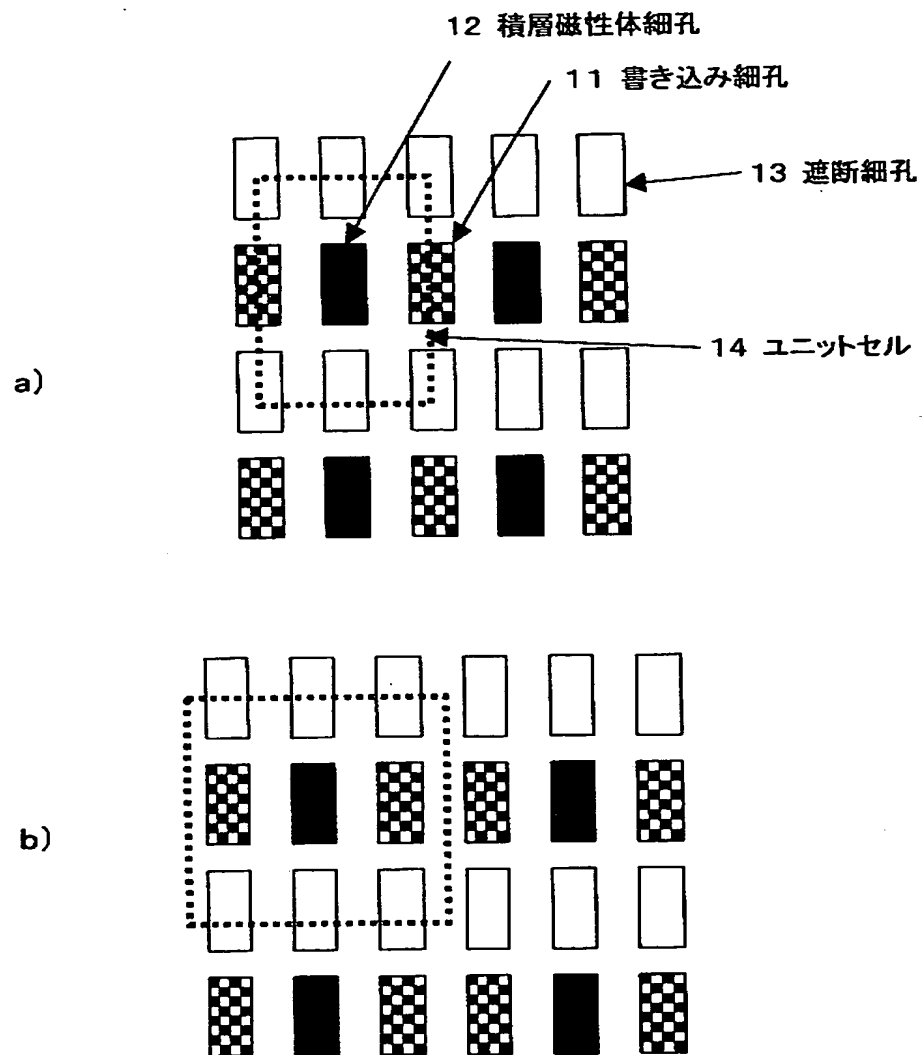


【図 3】

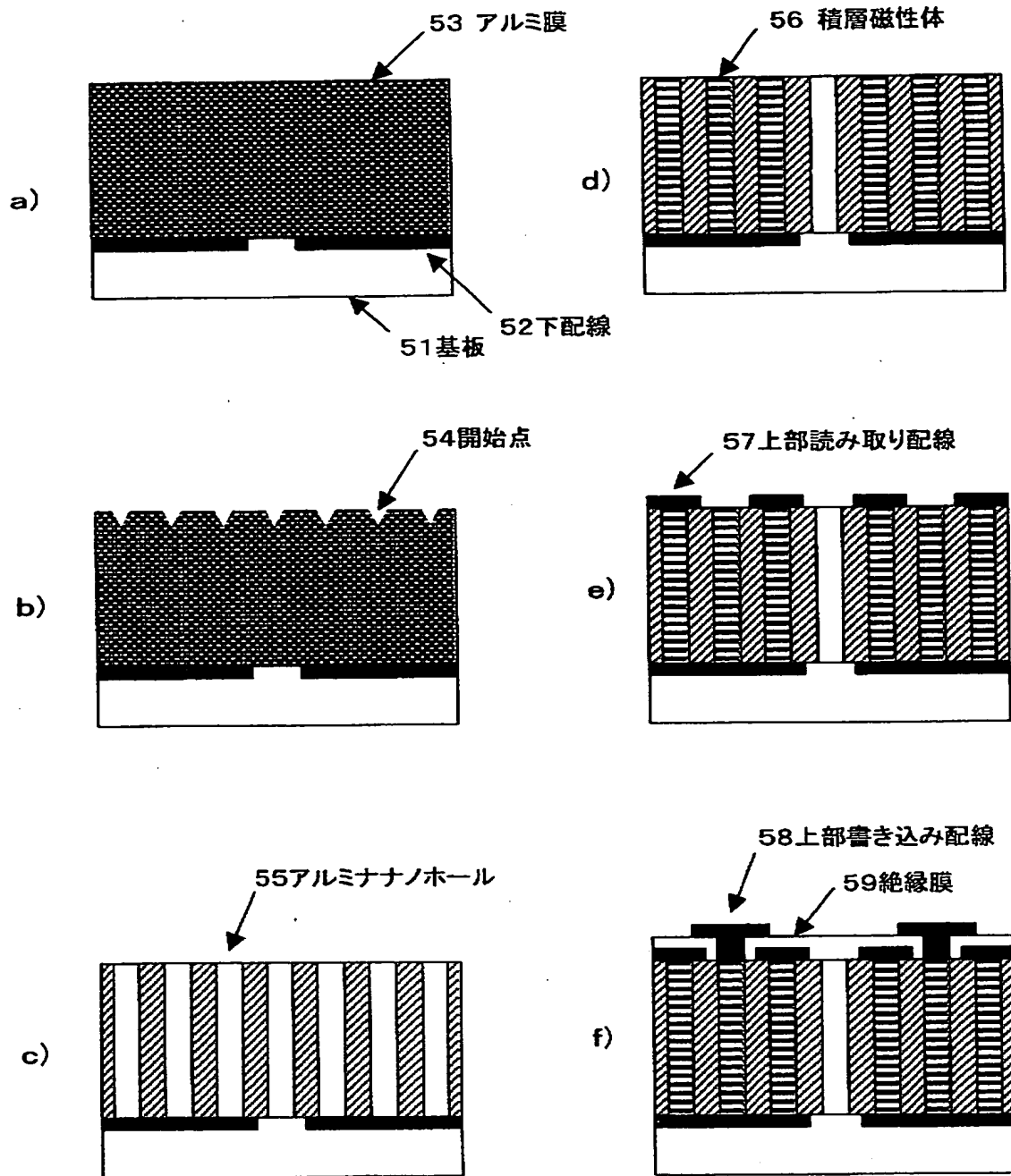




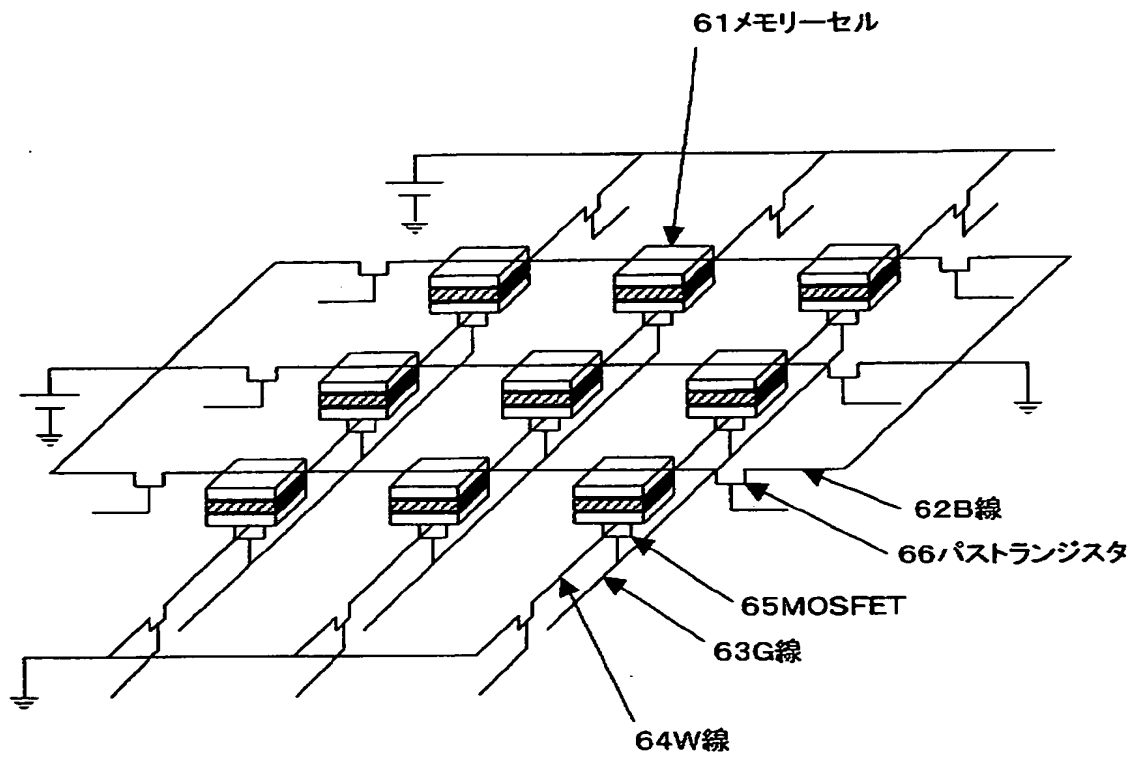
【図 4】



【図5】



【図 6】



【書類名】                      要約書

【要約】

【課題】    C P P 型巨大磁気抵抗デバイス、特に固体磁気メモリーにおける有効な書き込み配線を提供することを目的とする。各磁性体を均一に、少ない電流量で書き込むこと、セルの選択性を改善することを目的とする。

【解決手段】    基板上に細孔層があり、且つ該細孔層の上下に配線を有する磁気デバイスにおいて、該細孔中の一部もしくはすべてに磁性層と非磁性層が積層され、細孔の一部を隣接する積層磁性体への書き込み線とする。特に細孔層として陽極酸化アルミナ層を用いること、セル選択性を高める遮断細孔を設けることが有効である。積層磁性体にはC o / C u 組成が、書き込み配線にはC u が有効であり、細孔はハニカム配列、長方配列が好ましい。

【選択図】    図 2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000001007]

1. 変更年月日 1990年 8月30日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都大田区下丸子3丁目30番2号

氏 名 キヤノン株式会社